

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the application of:

Attorney Docket No.: 3081.55US01

Frank Höller

Application No.: Unknown

Filed: *Of Even Date*

For: DISPLAY DEVICE WITH ELECTROOPTICAL FOCUSING

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Enclosed is a certified copy of German Patent Application number 103 06 578.4 to which the above-identified U.S. patent application corresponds.

Respectfully submitted,



Douglas J. Christensen
Registration No. 35,480

Customer No. 24113
Patterson, Thunte, Skaar & Christensen, P.A.
4800 IDS Center
80 South 8th Street
Minneapolis, Minnesota 55402-2100
Telephone: (612) 349-3001

Please grant any extension of time necessary for entry; charge any fee due to Deposit Account No. 16-0631.

CERTIFICATE OF EXPRESS MAIL

"Express Mail" mailing label number EV320340939US. Date of Deposit: February 17, 2004. I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 C.F.R. § 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Jeanne Truman
Name of Person Making Deposit


Signature

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 06 578.4

Anmeldetag: 17. Februar 2003

Anmelder/Inhaber: Carl Zeiss, Heidenheim/DE

Bezeichnung: Anzeigevorrichtung mit elektrooptischer Fokussierung

IPC: G 02 B, H 04 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'L. Stark'.

Stark

Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTNER (G.b.R.)

European Patent and Trademark Attorneys

MÜNCHEN – JENA

Büro München / Munich Offices:

Perhamerstraße 31 · D-80687 München · Telefon: (0 89) 5 46 15 20 · Telefax: (0 89) 5 46 03 92 · e-mail: gefepat.muc@t-online.de

Büro Jena / Jena Offices:

Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (0 36 41) 2 91 50 · Telefax: (0 36 41) 2 91 51 · e-mail: gefepat.jena@t-online.de

Carl Zeiss
Anwaltsakte: Pat 3423/27

17. Februar 2003
L/23/kt

Anzeigevorrichtung mit elektrooptischer Fokussierung

5 Die Erfindung betrifft eine Anzeigevorrichtung zum Erzeugen eines Bildes, das für einen Betrachter eines einer Objektebene befindlichen Objekts in der Überlagerung mit dem Objekt wahrnehmbar ist.

10 Eine solche Vorrichtung ist beispielsweise eine HMD-Vorrichtung (Head Mounted Display-Vorrichtung), wobei bei einer Überlagerung des erzeugten Bildes mit dem Objekt häufig von einer augmentierten Darstellung gesprochen wird.

15 Es gibt HMD-Vorrichtungen, bei denen keine Fokussiereinheit vorgesehen ist, um den Abstand des erzeugten Bildes vom Betrachter ändern zu können. Solche Vorrichtungen sind insbesondere für ältere Betrachter mit reduziertem Akkomodationsvermögen nicht einsetzbar.

20 Weiterhin sind HMD-Vorrichtungen bekannt, bei denen eine Fokussiereinheit vorgesehen ist, um den Abstand des erzeugten Bildes zum Betrachter einstellen zu können. Dazu ist jedoch zumindest ein Drehgriff ausreichender Größe bei der HMD-Vorrichtung vorzusehen, um Linsen und/oder ein Bilderzeugungselement manuell zu verschieben. Wenn die HMD-Vorrichtung autofokusfähig sein soll, ist zusätzlich noch zwingend ein Motorantrieb erforderlich. Dies macht die HMD-Vorrichtung schwer und unhandlich.

25 Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, eine Anzeigevorrichtung zum Erzeugen eines Bildes, das für einen Betrachter eines in einer Objektebene befindlichen Objekts in Überlagerung mit dem Objekt wahrnehmbar ist, vorzusehen, die leichter und kleiner ausgebildet sein kann.

30 Die Aufgabe wird durch eine Anzeigevorrichtung zum Erzeugen eines Bildes, das für einen Betrachter eines in einer Objektebene befindlichen Objekts in Überlagerung mit dem Objekt wahrnehmbar ist, gelöst, die eine Bilderzeugungseinrichtung zum Erzeugen des Bildes in einer

Bildebene und eine Überlagerungseinheit aufweist, wobei die Bilderzeugungseinrichtung und die Überlagerungseinheit an einer auf den Kopf des Betrachters aufsetzbaren Tragevorrichtung befestigt sind und die Bilderzeugungseinrichtung eine Fokussiereinheit umfaßt, mit der der Abstand der Bildebene zur Tragevorrichtung veränderbar ist und die eine veränderbare Brechzahl aufweisende Linse sowie eine Ansteuereinheit zur Einstellung der Brechzahl der Linse enthält, wobei bei auf den Kopf des Betrachters aufgesetzter Tragevorrichtung die Überlagerungseinheit für den Betrachter eine Überlagerung des erzeugten Bildes mit dem Objekt bewirkt und die Ansteuereinheit die Brechzahl der Linse so einstellt, daß die Objektebene mit der Bildebene zusammenfällt.

10

Da bei der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung eine Linse mit veränderbarer bzw. einstellbarer Brechzahl vorgesehen ist, kann die Lage der Bildebene verändert und eingestellt werden, ohne daß dazu mechanische Bewegungen von Linsen oder sonstigen Elementen notwendig sind. Dadurch muß weder ein Drehgriff noch ein Motorantrieb zum mechanischen Bewegen der Linse vorgesehen werden, so daß die Anzeigevorrichtung insgesamt kleiner und leichter ausgebildet werden kann. Die eingestellte Brechzahl kann für die ganze Linse die gleiche sein oder auch verschieden (dann liegt eine gewünschte Brechzahlverteilung vor).

15

Als Linse wird hier ein optisches Element verstanden, mit dem eine optische Abbildung durchgeführt werden kann (d.h. die von einem Gegenstandspunkt ausgehenden Strahlen werden mittels der Linse in ihrem Verlauf so verändert, daß sie durch einen anderen Punkt, den Bildpunkt, gehen). Die Linse kann insbesondere als Fresnel-Linse oder als diffraktives optisches Element ausgebildet sein. Beispiele solcher Linsen sind in den Artikeln „Modal Liquid Crystal Lenses“ der Firma Okotech Delft, Niederlande, und „Modally Addressed Liquid Crystals“ der University of Durham zu entnehmen. Unter dem Zusammenfallen von Objekt- und Bildebene wird hier verstanden, daß die beiden Ebenen maximal so weit voneinander beabstandet sind, daß für den Betrachter das Objekt und das Bild gleichzeitig scharf wahrgenommen werden können. Bevorzugt fallen die beiden Ebenen tatsächlich zusammen.

20

25

30

35

Insbesondere kann die Anzeigevorrichtung ein an der Tragevorrichtung befestigtes Meßmodul aufweisen, das den Abstand der Objektebene zur Tragevorrichtung erfaßt, wobei die Brechzahl der Linse in Abhängigkeit des mittels des Meßmoduls erfaßten Abstands eingestellt ist. Die Abstandserfassung mittels dem Meßmodul kann direkt oder indirekt durchgeführt werden. D.h., daß man entweder direkt den Abstand ermittelt, oder eine Größe ermittelt, aus der man den Abstand ableiten könnte. Dabei muß bei der indirekten Abstandsermittlung gar kein konkreter Abstandswert selbst ermittelt werden, sondern es langt, daß aufgrund der erfaßten Größe eine Einstellung der Brechzahl der Linse möglich ist, so daß die Objektebene mit der Bildebene zusammenfällt.

Mit dieser Weiterbildung kann leicht ein automatisches „Scharfstellen“ des erzeugten Bildes in der Objektebene erfolgen.

5 Insbesondere kann die Fokussiereinheit als Autofokussiereinheit ausgebildet sein, die bei Änderung des Abstands zwischen der Objektebene und der Tragevorrichtung die Brechzahl der Linse so ändert, daß die Bildebene weiterhin mit der Objektebene zusammenfällt. Damit wird sichergestellt, daß der Betrachter stets das erzeugte Bild in der Objektebene sieht (auch wenn es sich beispielsweise bewegt), so daß eine sehr gute Nutzbarkeit der Vorrichtung gegeben ist.

10

Eine bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung besteht darin, daß die Linse zumindest teilweise aus einem elektrooptischen Material, insbesondere Flüssigkristall, gebildet ist. Solche Linsen sind kostengünstig zu fertigen, so daß eine preiswerte Anzeigevorrichtung zur Verfügung gestellt werden kann.

15

Bei der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung kann die Ansteuereinheit zur Einstellung der Brechzahl der Linse eine bestimmte elektrische Spannung an die Linse anlegen. Dies läßt sich leicht und genau realisieren.

20

Besonders vorteilhaft ist dies bei der Verwendung von Flüssigkristallinsen, wobei beispielsweise nematische Flüssigkristalle (verdrehte und nicht-verdrehte Form) und auch ferroelektrische Flüssigkristalle verwendet werden können. Bei diesen Flüssigkristallen läßt sich schon bei geringen Spannungen (beispielsweise 2 bis 10 Volt) und sehr geringem Energiebedarf eine Brechzahländerung von bis zu 0,2 erreichen. Diese geringen Spannungen (und auch der geringe Energiebedarf) lassen sich einfach und mit geringem Gewicht realisieren (z.B. mit einer oder mehreren Batterien oder mittels zumindest einer Solarzelle), so daß das Gewicht der Anzeigevorrichtung gering gehalten werden kann.

25

30

Die nematischen Flüssigkristallinsen haben den Vorteil, daß sie gerade im Temperaturbereich von 20 bis 50°C gute Eigenschaften aufweisen. Bei den ferroelektrischen Flüssigkristallen ist insbesondere die sehr schnelle Schaltzeit und somit die sehr kurzfristige Änderung der Brechzahl von Vorteil.

35

Des weiteren kann bei der Anzeigevorrichtung die Überlagerungseinheit einen Spiegel, einen Teilerspiegel oder ein Teilergitter aufweisen. Wenn sie einen Spiegel aufweist, findet für den Betrachter eine derartige Überlagerung statt, daß das erzeugte Bild und das Objekt nebeneinander bzw. unmittelbar aneinander angrenzend wahrnehmbar sind. Bei der Überlagerung mittels des Teilerspiegels kann man das erzeugte Bild und das Objekt für den

Betrachter aufeinander legen. Natürlich ist es auch möglich, daß die Überlagerungseinheit eine Kombination aus einem Spiegel und einem Teilerspiegel aufweist, so daß teilweise ein Aufeinanderlegen und teilweise eine Darstellung, bei der Objekt und Bild nebeneinander liegen, für den Betrachter wahrnehmbar ist.

5

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung liegt darin, daß eine stufenlose Einstellung möglich ist und daß auch keine sich bewegenden Teile zur Verschiebung der Bildebene notwendig sind.

- 10 Bevorzugt ist es, wenn bei der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung das Meßmodul bei auf dem Kopf aufgesetzter Tragevorrichtung anhand des Auges des Betrachters den Abstand zwischen Tragevorrichtung und Objektebene erfaßt. Dies läßt sich beispielsweise durch die Vermessung des Augenhintergrunds des Betrachters realisieren. Bei dieser Art der Abstandserfassung kann man schnell und genau den notwendigen Abstand ermitteln, ohne das
- 15 Objekt bzw. den entsprechenden Teil des Objekts, den der Betrachter gerade wahrnimmt, erfassen zu müssen. Ferner kann bei dieser Variante der Benutzer sogar eine Gleitsichtbrille tragen.

- Alternativ ist es möglich, daß bei der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung das Meßmodul
- 20 bei auf dem Kopf aufgesetzter Tragevorrichtung anhand des Objekts selbst den Abstand zwischen der Objektebene und der Tragevorrichtung erfaßt. Dies bringt den Vorteil mit sich, daß unabhängig von kurzfristigen Augen- und/oder Lidbewegungen immer der korrekte Abstand zwischen dem Betrachter und dem Objekt ermittelt werden kann. Weiterhin kann bei der Erfassung des Abstands das Objekt aufgenommen und auch noch hinsichtlich des zu
- 25 erzeugenden Bildes ausgewertet werden. So ist beispielsweise bei der Wartung von Geräten die Möglichkeit gegeben, anhand des Bereichs des Geräts (bzw. des Objekts), den der Betrachter gerade wahrnimmt, entsprechend geeignete Informationen mittels dem erzeugten Bild dem Betrachter darzubieten. Dabei kann es sich um die Montageanweisungen oder um Mitteilungen hinsichtlich von zu überprüfenden Werten handeln.

30

- Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung umfaßt die Bilderzeugungseinrichtung eine Bildmodul zur Bilderzeugung sowie, bei auf den Kopf aufgesetzter Tragevorrichtung, einen Projektionsstrahlengang vom Bildmodul über die Fokussiereinheit bis zum Auge des Betrachters und das Meßmodul weist einen Sensor sowie
- 35 im Projektionsstrahlengang zwischen dem Bildmodul und der Linse eine Strahlteilereinheit auf, die vom Objekt ausgehendes Licht, das durch die Linse läuft, auf den Sensor lenkt, der in Abhängigkeit der Schärfe der Abbildung des Objekts auf den Sensor ein Signal an die Ansteuereinheit abgibt, wobei die Bilderzeugungseinrichtung und das Meßmodul so ausgebildet

sind, daß bei Scharfstellung des Objekts für den Sensor mittels der Einstellung der Brechzahl der Linse gleichzeitig die Bildebene mit der Objektebene zusammenfällt. Damit wird eine kompakte und leichte Anzeigevorrichtung bereitgestellt, bei der die Scharfstellung des Bildes in der Objektebene (Bildebene fällt mit der Objektebene zusammen) unkompliziert durchführbar ist.

Als Bildmodul kann eine selbstleuchtende Anzeige, wie z.B. eine hintergrundbeleuchtete LCD-Anzeige oder eine LED-Anzeige verwendet werden. Natürlich sind auch nicht-selbstleuchtende Anzeigen verwendbar. In diesem Fall kann das Bildmodul ein sogenanntes (räumliches) Lichtventil (beispielsweise eine Kippspiegelmatrix mit einer Vielzahl von in Zeilen und Spalten angeordneten und einzeln ansteuerbaren Kippspiegeln) sein, das beleuchtet wird und selektiv (in Abhängigkeit der Stellung der einzelnen Kippspiegel) Licht reflektiert, das zusammen dann das erzeugte Bild ergibt. Das Bildmodul kann einfarbige oder auch mehrfarbige Bilder erzeugen.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung umfaßt die Fokussiereinheit zwei oder mehr Linsen mit veränderbarer Brechzahl, wobei die Brechzahlen mittels der Ansteuereinheit ein- bzw. verstellbar sind.

Die erfindungsgemäße Anzeigevorrichtung kann so ausgebildet sein, daß sie für ein oder für beide Augen des Betrachters ausgebildet ist. Wenn sie für beide Augen des Betrachters ausgebildet ist, können die Bilder für beide Augen gleich oder auch unterschiedlich sein. Insbesondere ist eine räumliche Darstellung des Bildes möglich.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen im Prinzip beispielhalber noch näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Seitenansicht der erfindungsgemäßen Anzeigevorrichtung, die auf dem Kopf eines Betrachters aufgesetzt ist, und

Fig. 2 schematisch eine vergrößerte Darstellung der Anzeigevorrichtung von Fig. 1.

Wie insbesondere aus Fig. 2 ersichtlich ist, umfaßt die Anzeigevorrichtung in der beschriebenen Ausführungsform eine Bilderzeugungseinheit 1 mit einem Bildmodul 2 (was hier eine selbstleuchtende Anzeige ist) und einer Fokussiereinheit 3.

Die Fokussiereinheit 3 umfaßt eine Flüssigkristalllinse 4 sowie eine weitere Linse 5, wobei mittels einer Ansteuereinheit 6 der Anzeigevorrichtung die Flüssigkristalllinse 4 mit einer elektrischen Spannung beaufschlagbar ist. In Abhängigkeit der Größe der beaufschlagten

Spannung wird eine bestimmte Brechzahl bzw. eine Brechzahlerteilung der Flüssigkristalllinse 4 eingestellt.

5 Weiterhin enthält die Anzeigevorrichtung eine Überlagerungseinheit 7, die einen ersten und einen zweiten Teilerwürfel 8, 9 umfaßt. Die Teilerwürfel 8, 9 sind so angeordnet, daß das von dem Bildmodul 2 kommende Licht am ersten Teilerwürfel um 90° umgelenkt wird und auf den zweiten Teilerwürfel 9 trifft, der wiederum eine Umlenkung um 90° bewirkt. Das am zweiten Teilerwürfel 9 umgelenkte Licht trifft dann auf das Auge A des Betrachters M. Durch den zweiten Teilerwürfel 9 hindurch kann der Betrachter M die Umwelt wahrnehmen. In dem hier
10 beschriebenen Beispiel betrachtet er ein Objekt (nicht gezeigt), das sich in der Objektebene O befindet. Statt der Teilerwürfel 8, 9 können natürlich auch andere, dem Fachmann bekannte Strahlteiler verwendet werden.

15 Ferner umfaßt die Anzeigevorrichtung noch ein Meßmodul mit einem Strahlteiler 10, der zwischen dem Bildmodul 2 und der Fokussiereinheit 3 angeordnet ist, und einem Autofokussensor 11. Der Strahlteiler 10 ist so angeordnet, daß Licht vom Objekt, das durch den ersten Teilerwürfel 8 und die Fokussiereinheit 3 läuft, am Strahlteiler 10 auf den Autofokussensor 11 umgelenkt wird. Der Autofokussensor 11 gibt in Abhängigkeit der Schärfe des auf ihn abgebildeten Objekts ein Signal ab, das an die Ansteuereinheit 6 angelegt wird.

20 Die Bilderzeugungseinrichtung 1, die Fokussiereinheit 3 sowie die Überlagerungseinheit 7 sind alle an einer Tragevorrichtung 12 (nur in Fig. 1 gezeigt) befestigt, die in Art einer Brille auf dem Kopf so aufsetzbar ist, daß im aufgesetzten Zustand der Betrachter durch den zweiten Teilerwürfel 9 die Umgebung wahrnimmt.

25 Die Ansteuereinheit 6 kann an der Tragevorrichtung 12 befestigt sein. Sie kann jedoch auch getrennt von dieser vorgesehen werden. Das gleiche gilt für eine Bildsteuereinheit 13, die zur Ansteuerung des Bildmoduls 2 verwendet wird. Daher sind die Ansteuereinheit 6 sowie die Bildsteuereinheit 13 in Fig. 1 nicht eingezeichnet, da sie im beschriebenen Beispiel nicht an der
30 Tragevorrichtung 12 befestigt sind. Die Verbindungen zwischen der Bildsteuereinheit 13 und dem Bildmodul 2 sowie zwischen der Ansteuereinheit 6 und der Linse 4 sowie dem Autofokussensor 11 können drahtlos (z.B. Funkverbindungen) und mit Leitungen realisiert werden.

35 Der Optikaufbau der Anzeigevorrichtung ist so gewählt, daß, wenn mittels des Autofokussensors 11 festgestellt wird, daß der Betrachter M das Objekt in der Objektebene O scharf wahrnimmt, die Bildebene B, in der das erzeugte Bild für den Betrachter M wahrnehmbar ist, mit der Objektebene O zusammenfällt. Das Scharfstellen auf die Objektebene O wird durch

entsprechendes Einstellen der Brechzahl der Flüssigkristalllinse 4 erreicht, wobei dies in Abhängigkeit des vom Autofokussensor 11 abgegebenen Signals bzw. dessen Wert erfolgt. Es liegt somit ein Regelkreis vor, mit dem der Abstand vom Objekt zur Tragevorrichtung 12 erfaßt wird. Diese Abstandserfassung ist so ausgelegt, daß damit auch gleich die Bildebene B in die
5 Objekzebene O gelegt wird. Die Ermittlung des Abstands vom Objekt zur Tragevorrichtung 12 (bzw. zum Betrachter M) mittels gezielter Einstellung der Brechzahl der Flüssigkristalllinse 4 wird damit auch gleich dazu genutzt, daß die Bildebene B mit der Objekzebene O zusammenfällt.

10 Die Ansteuereinheit 6 und das Meßmodul sind insbesondere so ausgebildet, daß sie laufend den Abstand zwischen Objekzebene O und dem Betrachter M ermitteln und die Brechzahl der Flüssigkristalllinse 4 entsprechend nachregeln bzw. einstellen. Dadurch wird eine Autofokussierung bereitgestellt, mit der der Betrachter M das erzeugte Bild immer scharf in der Objekzebene O wahrnehmen kann. Diese Autofokus-Funktion benötigt in vorteilhafter Weise
15 keine mechanisch zu bewegenden Teile.

In einer Weiterbildung (nicht gezeigt) der Anzeigevorrichtung umfaßt die Fokussiereinheit zwei oder mehr Flüssigkristallinsen, deren Brechzahlen mittels der Ansteuereinheit einstellbar sind.

20 Anstatt des zweiten Teilerwürfels 9 kann auch ein Umlenkspiegel (nicht gezeigt) verwendet werden. Der Umlenkspiegel ist dabei so dimensioniert, daß nur ein Teil des Sehfeldes durch den Umlenkspiegel abgedeckt ist. In diesem Fall findet die Überlagerung von dem erzeugten Bild mit dem wahrnehmbaren Objekt nebeneinander statt.

25 Die in Verbindung mit Fig. 1 und 2 beschriebene Anzeigevorrichtung ist nur für ein Auge A des Betrachters M ausgebildet. Natürlich kann sie auch für beide Augen ausgebildet werden. Dies läßt sich beispielsweise dadurch realisieren, daß die Überlagerungseinheit 7 entsprechend erweitert wird. Natürlich kann auch für das zweite Auge eine eigene Bilderzeugungseinheit, eine eigene Fokussiereinheit mit Meßmodul und eine eigene Überlagerungseinheit vorgesehen
30 werden.

Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTNER (G.b.R.)
European Patent and Trademark Attorneys
MÜNCHEN – JENA

Büro München / Munich Offices:
Perhamerstraße 31 · D-80687 München · Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · e-mail: gefepat.muc@t-online.de

Büro Jena / Jena Offices:
Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (036 41) 2 91 50 · Telefax: (036 41) 2 91 51 · e-mail: gefepat.jena@t-online.de

Carl Zeiss
Anwaltsakte: Pat 3423/27

17. Februar 2003
L/23/kt

Patentansprüche

- 5 1. Anzeigevorrichtung zum Erzeugen eines Bildes, das für einen Betrachter (M) eines in einer Objektebene (O) befindlichen Objekts in Überlagerung mit dem Objekt wahrnehmbar ist, mit einer Bilderzeugungseinrichtung (1) zum Erzeugen des Bildes in einer Bildebene (B) und einer Überlagerungseinheit (7), wobei die Bilderzeugungseinrichtung (1) und die Überlagerungseinheit (7) an einer auf dem Kopf des Betrachters (M) aufsetzbaren
- 10 Tragevorrichtung (12) befestigt sind und die Bilderzeugungseinrichtung (1) eine Fokussiereinheit (3) umfaßt, mit der der Abstand der Bildebene (B) zur Tragevorrichtung (12) veränderbar ist und die eine veränderbare Brechzahl aufweisende Linse (4) sowie eine Ansteuereinheit (6) zur Einstellung der Brechzahl der Linse (4) enthält, wobei bei auf dem Kopf des Betrachters (M) aufgesetzter Tragevorrichtung (12) die Überlagerungseinheit (7) für den
- 15 Betrachter (M) eine Überlagerung des erzeugten Bildes mit dem Objekt bewirkt und die Ansteuereinheit (6) die Brechzahl der Linse (4) so einstellt, daß die Objektebene (O) mit der Bildebene (B) zusammenfällt.
- 20 2. Anzeigevorrichtung nach Anspruch 1, bei dem ein an der Tragevorrichtung (12) befestigtes Meßmodul (10, 11) vorgesehen ist, das den Abstand der Objektebene (O) zur Tragevorrichtung (12) erfaßt, wobei die Brechzahl der Linse (4) in Abhängigkeit des mittels des Meßmoduls (10, 11) erfaßten Abstands eingestellt ist.
- 25 3. Anzeigevorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Fokussiereinheit (3) als Autofokussiereinheit ausgebildet ist, die bei Änderung des Abstands zwischen der Objektebene (O) und der Tragevorrichtung (12) die Brechzahl der Linse (4) so ändert, daß die Bildebene (B) weiterhin mit der Objektebene (O) zusammenfällt.
- 30 4. Anzeigevorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Linse (4) zumindest teilweise aus einem elektrooptischen Material, insbesondere Flüssigkristall, gebildet ist.

5. Anzeigevorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Ansteuereinheit (6) zur Einstellung der Brechzahl der Linse (4) eine elektrische Spannung an die Linse (4) anlegt.
- 5 6. Anzeigevorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Überlagerungseinheit (7) einen Spiegel, einen Teilerspiegel (9) oder ein Teilgitter aufweist.
7. Anzeigevorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der das Meßmodul bei auf den Kopf aufgesetzter Tragevorrichtung (12) anhand des Auges des Betrachters (B) den
10 Abstand zwischen der Tragevorrichtung (12) und der Objektebene (O) erfaßt.
8. Anzeigevorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der das Meßmodul bei auf den Kopf aufgesetzter Tragevorrichtung (12) anhand des Objekts selbst den Abstand zwischen
Objektebene (O) und Tragevorrichtung (12) erfaßt.
- 15 9. Anzeigevorrichtung nach einem der obigen Ansprüche, bei der die Bilderzeugungseinrichtung (1) ein Bildmodul (2) zur Bilderzeugung sowie, bei auf den Kopf aufgesetzter Tragevorrichtung (12), einen Projektionsstrahlengang vom Bildmodul (2) über die Fokussiereinheit (3) bis zum Auge des Betrachters (M) umfaßt und bei der das Meßmodul (10,
20 11) einen Sensor (11) sowie im Projektionsstrahlengang zwischen dem Bildmodul (2) und der Linse (4) eine Strahlteilereinheit (10) aufweist, die vom Objekt ausgehendes Licht, das durch die Linse (4) läuft, auf den Sensor (11) lenkt, der in Abhängigkeit der Schärfe der Abbildung des Objekts auf den Sensor (11) ein Signal an die Ansteuereinheit (6) abgibt, wobei die
25 Bilderzeugungseinrichtung (1) und das Meßmodul (10, 11) so ausgebildet sind, daß bei scharfer Abbildung des Objekts auf den Sensor (11) mittels der Einstellung der Brechzahl der Linse (4) die Bildebene (B) mit der Objektebene (O) zusammenfällt.

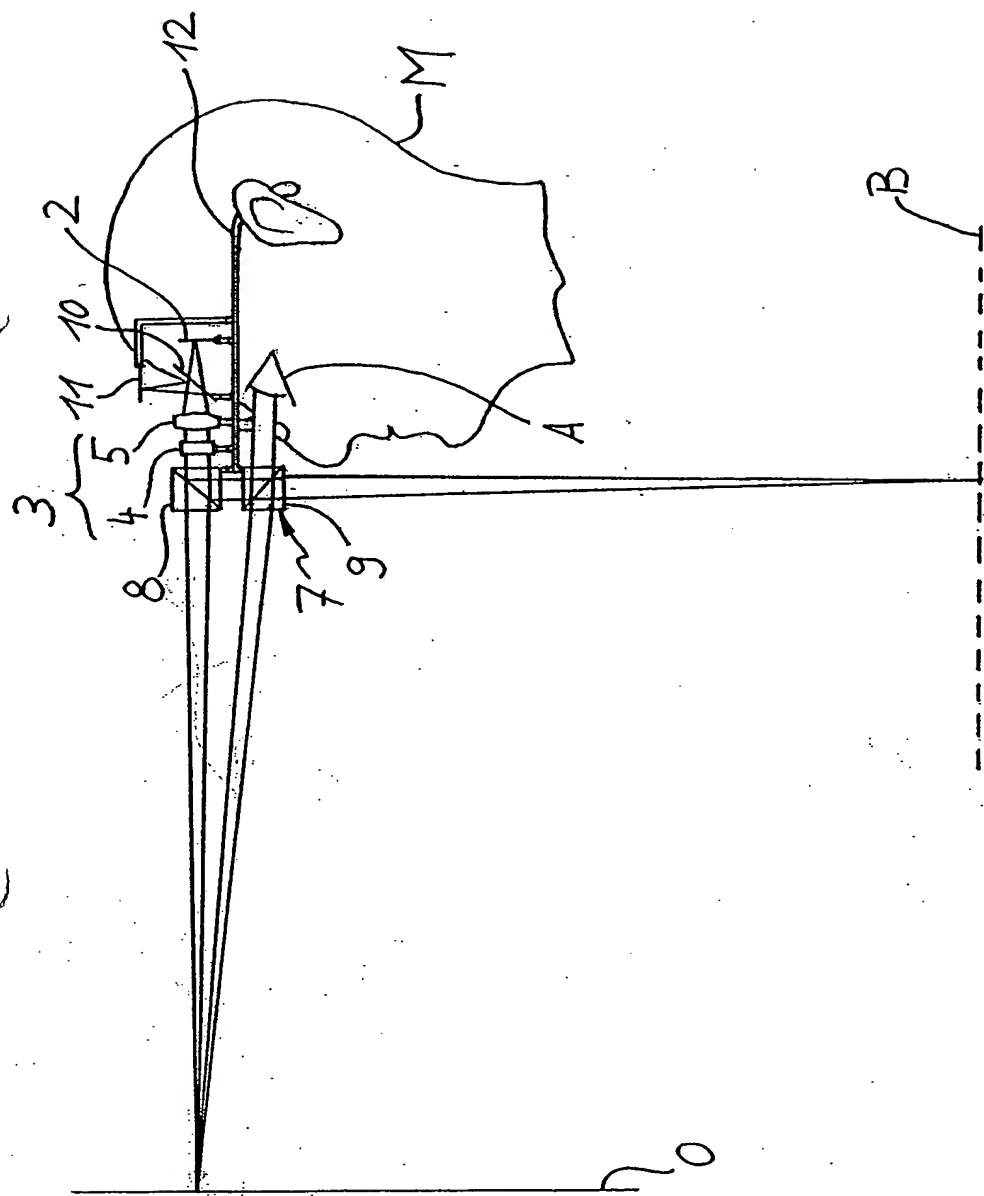


Fig. 1

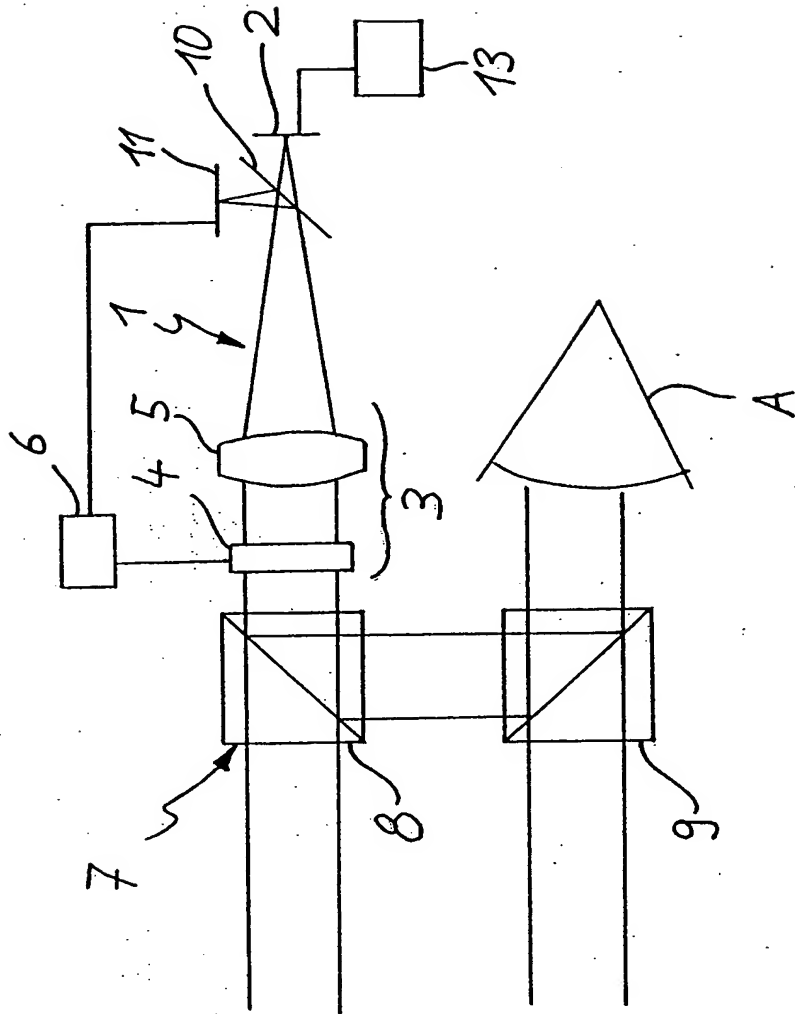


Fig. 2

Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTNER (G.b.R.)

European Patent and Trademark Attorneys

MÜNCHEN – JENA

Büro München / Munich Offices:

Perhamerstraße 31 · D-80687 München · Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · e-mail: gefepat.muc@t-online.de

Büro Jena / Jena Offices:

Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (036 41) 2 91 50 · Telefax: (036 41) 29 15 21 · e-mail: gefepat.jena@t-online.de

Carl Zeiss
Anwaltsakte: Pat 3423/27

17. Februar 2003
L/23/kt

Zusammenfassung

- 5 Es wird eine Anzeigevorrichtung zum Erzeugen eines Bildes, das für einen Betrachter (M) eines
in einer Objektebene (O) befindlichen Objekts in Überlagerung mit dem Objekt wahrnehmbar
ist, mit einer Bilderzeugungseinrichtung (1) zum Erzeugen des Bildes in einer Bildebene (B) und
einer Überlagerungseinheit (7) bereitgestellt, wobei die Bilderzeugungseinrichtung (1) und die
Überlagerungseinheit (7) an einer auf dem Kopf des Betrachters (M) aufsetzbaren
10 Tragevorrichtung (12) befestigt sind und die Bilderzeugungseinrichtung (1) eine
Fokussiereinheit (3) umfaßt, mit der der Abstand der Bildebene (B) zur Tragevorrichtung (12)
veränderbar ist und die eine veränderbare Brechzahl aufweisende Linse (4) sowie eine
Ansteuereinheit (6) zur Einstellung der Brechzahl der Linse (4) enthält, wobei bei auf dem Kopf
des Betrachters (M) aufgesetzter Tragevorrichtung (12) die Überlagerungseinheit (7) für den
15 Betrachter (M) eine Überlagerung des erzeugten Bildes mit dem Objekt bewirkt und die
Ansteuereinheit (6) die Brechzahl der Linse (4) so einstellt, daß die Objektebene (O) mit der
Bildebene (B) zusammenfällt.

(Fig.1)

TO WHOM IT MAY CONCERN

I, Andreas Roth, of Saebener Str. 9, 81547 Muenchen, Germany, do hereby solemnly declare that I am conversant with both the English and German languages and that the enclosed English text is, to the best of my knowledge and belief, a true and accurate English translation of the German-language text of German Patent Application No. 103 06 578.4, filed by Carl Zeiss on February 17, 2003.

Munich, this 30th day of December 2003.


Andreas Roth



Display device with electrooptical focussing

5 The invention relates to a display device for generating an image which is perceivable, by a viewer of an object located in an object plane, as being superimposed on the object.

Such a device is, for example, an HMD device (Head Mounted Display Device), wherein superposition of the generated image on the object is often referred to as an augmented representation.

10

There are HMD devices which are not provided with a focussing unit allowing to change the distance from the generated image to the viewer. Such devices are not usable particularly for older viewers having a reduced power to accommodate.

15 Further, HMD devices are known which are provided with a focussing unit so as to be able to adjust the distance from the generated image to the viewer. However, for this purpose, at least one sufficiently big turning handle needs to be provided in the HMD device in order to manually displace lenses and/or an imaging element. If the HMD device is to be able to focus automatically, there is the stringent additional requirement of a motor drive. This makes the
20 HMD device heavy and cumbersome.

In view thereof, it is an object of the invention to provide a potentially lighter and smaller display device for generating an image which is perceivable, by a viewer of an object located in an object plane, as being superimposed on the object.

25

The object is achieved by a display device for generating an image which is perceivable, by a viewer of an object located in an object plane, as being superimposed on the object, said device comprising an image generating device for generating the image in an image plane and a superimposing unit, wherein the image generating device and the superimposing unit are



mounted on a support device, which is placeable on the head of the viewer, and the image generating device comprises a focussing unit by which the distance from the image plane to the support device is variable and which includes a lens having a variable refractive index as well as a control unit for adjusting the refractive index of the lens, wherein, when the support device
5 is placed on the head of the viewer, the superimposing unit effects superposition of the generated image on the object for the viewer and the control unit adjusts the refractive index of the lens such that the object plane coincides with the image plane.

Since the display device according to the invention is provided with a lens having a variable or
10 adjustable refractive index, the position of the image plane may be varied and adjusted without requiring mechanical movements of lenses or other elements. As a result, there is no need to provide a turning handle or a motor drive for mechanically moving the lens, so that the display device may be of a smaller and lighter overall design. The adjusted refractive index may be the same for the entire lens or may also differ (in which case, there is a desired distribution of the
15 refractive index).

A lens, as it is understood herein, is an optical element by means of which optical imaging can be effected (i.e. the path of rays coming from an object point is changed by means of the lens such that they pass through a different point, the image point). In particular, the lens may be
20 provided as a Fresnel lens or as a diffractive optical element. Examples of such lenses are found in the articles "Modal Liquid Crystal Lenses" by Okotech Delft, Netherlands, and "Modally Addressed Liquid Crystals" by the University of Durham. The coincidence of the object and image planes, as understood herein, means that the maximum distance between both planes is such that the viewer may simultaneously perceive the object and the image as sharp.
25 Preferably, both planes do actually coincide.

In particular, the display device may comprise a measurement module mounted on the support device, said measurement module detecting the distance from the object plane to the support device, with the refractive index of the lens being adjusted as a function of the distance detected
30 by said measurement module. The detection of the distance by means of the measurement module may be carried out directly or indirectly. This means that either the distance is directly determined or a quantity is determined from which the distance could be derived. The indirect determination of the distance does not even require a concrete distance value to be determined itself, but it suffices if an adjustment of the refractive index of the lens is possible due to the
35 detected quantity, so that the object plane coincides with the image plane.

This embodiment allows easy automatic "focussing" of the generated image in the object plane.



In particular, the focussing unit may be provided as an autofocussing unit which changes the refractive index upon a change in the distance between the object plane and the support device in such a manner that the image plane still coincides with the object plane. This ensures that the viewer always sees the generated image in the object plane (even if it is moving, for example), imparting very good usability to the device.

A preferred embodiment of the display device according to the invention consists in that the lens is formed, at least partially, of an electrooptical material, in particular liquid crystal. Such lenses are economical in manufacture, so that an inexpensive display device may be provided.

In the display device according to the invention, the control unit for adjusting the refractive index of the lens may apply a predetermined electrical voltage to the lens. This is easily and accurately realizable.

This is particularly advantageous in the use of liquid crystals, wherein use may be made, for example, of nematic liquid crystals (twisted and non-twisted forms) and also of ferroelectric liquid crystals. These liquid crystals allow a change in the refractive index of up to 0.2 to be achieved already at low voltages (for example, 2 to 10 volts) and at a very low energy consumption. These low voltages (and also the low energy consumption) are realizable in a simple manner and with a low weight (e.g. using one or more batteries or by means of at least one solar cell), so that the weight of the display device may be kept low.

The nematic liquid crystal lenses have the advantage that they exhibit good properties particularly in the temperature range of from 20 to 50°C. A particular advantage of the ferroelectric liquid crystals is the very quick switching time and, thus, the very quick change in the refractive index.

Further, the superimposing unit of the display device may comprise a mirror, a splitter mirror or a splitter grating. If it comprises a mirror, superposition takes place in such a manner that the viewer may perceive the generated image and the object as being arranged next to one another or as immediately adjacent to one another. In superposition by means of the splitter mirror, the generated image and the object may be placed upon one another for the viewer. Of course, it is also possible that the superimposing unit comprises a combination of a mirror and a splitter mirror, so that the viewer may perceive, in part, a superposition and, in part, a representation wherein the object and the image are located next to each other.



A further advantage of the display device according to the invention consists in that an infinitely variable adjustment is possible and that also no moving parts are required to displace the image plane.

- 5 In the display device according to the invention, when the support device is placed on the head, the measurement module preferably detects the distance between the support device and the object plane by means of the viewer's eye. This may be realized, for example, by measuring the fundus oculi of the viewer. In this type of distance detection, the required distance may be quickly and precisely determined without having to detect the object or the corresponding part of
- 10 the object which the viewer is presently perceiving. Further, in this variant, the viewer may even wear variable focus glasses.

- Alternatively, it is possible that, in the display device according to the invention, when the support device is placed on the head, the measurement module may detect the distance
- 15 between the object plane and the support device on the basis of the object itself. This has the advantage that the correct distance between the viewer and the object may always be determined, regardless of short-term eye and/or lid movements. Further, when detecting said distance, the object may be filmed and may also be evaluated in connection with the image to be generated. Thus, during maintenance of equipment, for example, it is possible to present
- 20 suitable information to the viewer by means of the generated image in a corresponding manner, on the basis of the area of the equipment (or of the object) which the viewer is presently viewing. Said information may be mounting instructions or notices with regard to values to be checked.

- 25 In a preferred embodiment of the display device according to the invention, the image generating device comprises an image module for imaging as well as, when the support device is placed on the head, a projection beam path from the image module via the focussing unit to the viewer's eye, and the measurement module comprises a sensor as well as, in the projection beam path between the image module and the lens, a beam-splitting unit which directs light
- 30 coming from the object and passing through the lens onto the sensor, which emits a signal to the control unit, as a function of how sharp the image of the object on the sensor is, wherein the image generating device and the measurement module are designed such that, when focussing the object for the sensor by adjustment of the refractive index of the lens, the image plane simultaneously coincides with the object plane. This allows a compact and light display device
- 35 to be provided, wherein the focussing of the image in the object plane (image plane coincides with object plane) may be effected in an uncomplicated manner.



As the image module, a luminous display, such as a background-illuminated LCD or an LED, may be used. Of course, use may be made also of non-luminous displays. In this case, the image module may be what is called a (spatial) light valve (for example, a tilting mirror matrix comprising a plurality of tilting mirrors arranged in lines and columns and individually
5 controllable), which is illuminated and selectively reflects light (as a function of the position of the individual tilting mirrors), the combination of which then yields the generated image. The image module may generate monochromatic or also polychromatic images.

In a preferred embodiment of the display device according to the invention, the focussing unit
10 comprises two or more lenses having variable refractive indices, which refractive indices may be set or adjusted by means of the control unit.

The display device according to the invention may be provided such that it is designed for one or both of the viewer's eyes. If it is designed for both of the viewer's eyes, the images may be
15 the same or different for both eyes. In particular, a spatial representation of the image is possible.

The invention is explained in more detail below, essentially by way of example, with reference to the drawings, wherein:

20 Fig. 1 schematically shows a lateral view of the display device according to the invention, mounted on the head of a viewer, and

Fig. 2 schematically shows an enlarged view of the display device of Fig. 1.

25 As is evident particularly from Fig. 2, the display device in the described embodiment comprises an imaging unit 1 with an image module 2 (in this case, a luminous display) and a focussing unit 3.

The focussing unit 3 comprises a liquid crystal lens 4 as well as a further lens 5, wherein an
30 electric voltage may be applied to said liquid crystal lens 4 by means of a control unit 6 of the display device. Depending on the magnitude of the voltage applied, a predetermined refractive index or distribution of the refractive index is adjusted for the liquid crystal lens 4.

The display device further includes a superimposing unit 7 which comprises first and second
35 beam-splitter cubes 8, 9. Said splitter cubes 8, 9 are arranged such that the light coming from the image module 2 is deflected by 90° by the first splitter cube and impinges on the second splitter cube 9, which in turn effects a deflection by 90°. The light deflected by the second

splitter cube 9 then impinges on the eye A of the viewer M. The viewer M may perceive his environment through the second splitter cube 9. In the example described herein, he is viewing an object (not shown) which is located in the object plane O. Instead of the splitter cubes 8, 9, other beam splitters known to the skilled person may be used as well.

5

Further, the display device also comprises a measurement module including a beam splitter 10, which is arranged between the image module 2 and the focussing unit 3, and an autofocus sensor 11. The beam splitter 10 is arranged such that light from the object which passes through the first splitter cube 8 and through the focussing unit 3 is deflected onto the autofocus sensor 11 by the beam splitter 10. Depending on how sharp the image of the object on the autofocus sensor 11 is, the latter emits a signal which is applied to the control unit 6.

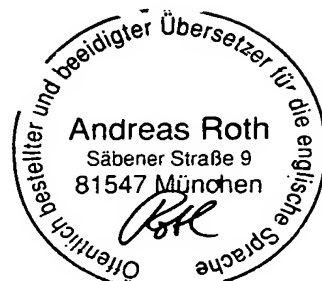
The image generating device 1, the focussing unit 3 as well as the superimposing unit 7 are all mounted on a support device 12 (shown only in Fig. 1) which may be placed on the head in the manner of glasses such that, in the mounted condition thereof, the viewer perceives his environment through the second splitter cube 9.

The control unit 6 may be mounted on the support device 12. However, it may also be provided separately thereof. The same goes for an image control unit 13, which is used to control the image module 2. Therefore, the control unit 6 as well as the image control unit 13 are not shown in Fig. 1, because they are not mounted on the support device 12 in the described example. The connections between the image control unit 13 and the image module 2 as well as between the control unit 6 and the lens 4 as well as the autofocus sensor 11 may be realized in a wireless manner (e.g. by radio links) and by means of electrical lines.

25

The optical design of the display device is selected such that, if it is found by the autofocus sensor 11 that the viewer M is perceiving the object in the object plane O as sharp, the image plane B in which the generated image is perceivable by the viewer M, coincides with the object plane O. Focussing on the object plane O is achieved by a suitable adjustment of the refractive index of the liquid crystal lens 4, which is done as a function of the signal or of the value of the signal emitted by the autofocus sensor 11. Thus, there is a closed loop by which the distance from the object to the support device 12 is detected. Said distance detection is provided such that the image plane B is thereby already placed in the object plane O as well. The determination of the distance from the object to the support device 12 (or to the viewer M) by means of selective adjustment of the refractive index of the liquid crystal lens 4 is, thus, also used already to make the image plane B coincide with the object plane O.

35



In particular, the control unit 6 and the measurement module are designed such that they constantly determine the distance between the object plane O and the viewer M and accordingly readjust or adjust the refractive index of the liquid crystal lens 4. Thus, autofocussing is provided by which the viewer M can always sharply perceive the generated image in the object plane O. This autofocus function advantageously requires no mechanically movable parts.

In a further embodiment (not shown) of the display device, the focussing unit comprises two or more liquid crystal lenses whose refractive indices are adjustable by means of the control unit.

Instead of the second splitter cube 9, a deflecting mirror (not shown) may also be used. In doing so, the deflecting mirror is dimensioned such that only part of the visual field is covered by the deflecting mirror. In this case, the superposition of the generated image on the perceivable object is a side-by-side superposition.

The display device described in combination with Fig. 1 and 2 is provided for only one eye A of the viewer M. Of course, it may also be provided for both eyes. This may be realized, for example, by accordingly expanding the superimposing unit 7. Of course, a separate imaging unit, a separate focussing unit comprising a measurement module and a separate superimposing unit may be provided for the second eye, too.



Carl Zeiss
Attorney's File: Pat 3423/27

February 17, 2003
L/23/kt

Claims

- 5 1. A display device for generating an image which is perceivable, by a viewer (M) of an object located in an object plane (O), as being superimposed on the object, said device comprising an image generating device (1) for generating the image in an image plane (B) and a superimposing unit (7), wherein the image generating device (1) and the superimposing unit (7) are mounted on a support device (12), which is placeable on the head of the viewer (M), and
- 10 the image generating device (1) comprises a focussing unit (3) by which the distance from the image plane (B) to the support device (12) is changeable and which includes a lens (4) having a variable refractive index as well as a control unit (6) for adjusting the refractive index of the lens (4), wherein, when the support device (12) is placed on the head of the viewer (M), the superimposing unit (7) effects superposition of the generated image on the object for the viewer
- 15 (M) and the control unit (6) adjusts the refractive index of the lens (4) such that the object plane (O) coincides with the image plane (B).
2. The display device as claimed in Claim 1, wherein a measurement module (10, 11) mounted on the support device (12) is provided, said measurement module (10, 11) detecting
- 20 the distance from the object plane (O) to the support device (12), with the refractive index of the lens (4) being adjusted as a function of the distance detected by said measurement module (10, 11).
3. The display device as claimed in any one of the above Claims, wherein the focussing unit
- 25 (3) is provided as an autofocussing unit which changes the refractive index of the lens (4) upon a change in the distance between the object plane (O) and the support device (12) in such a manner that the image plane (B) continues to coincide with the object plane (O).



4. The display device as claimed in any one of the above Claims, wherein the lens (4) is formed, at least partially, of an electrooptical material, in particular liquid crystal.

5. The display device as claimed in any one of the above Claims, wherein the control unit (6) for adjusting the refractive index of the lens (4) applies a predetermined electrical voltage to the lens (4).

6. The display device as claimed in any one of the above Claims, wherein the superimposing unit (7) comprises a mirror, a splitter mirror (9) or a splitter grating.

7. The display device as claimed in any one of the above Claims, wherein, when the support device (12) is placed on the head, the measurement module detects the distance between the support device (12) and the object plane (O) by means of the eye of the viewer (B).

8. The display device as claimed in any one of the above Claims, wherein, when the support device (12) is placed on the head, the measurement module detects the distance between the object plane (O) and the support device (12) by means of the object itself.

9. The display device as claimed in any one of the above Claims, wherein the image generating device (1) comprises an image module (2) for image generation as well as, when the support device (12) is placed on the head, a projection beam path from the image module (2) via the focussing unit (3) to the eye of the viewer (M), and wherein the measurement module (10, 11) comprises a sensor (11) as well as, in the projection beam path between the image module (2) and the lens (4), a beam-splitter unit (10) which directs light coming from the object and passing through the lens (4) onto the sensor (11), which emits a signal to the control unit (6) as a function of how sharp the image of the object on the sensor (11) is, wherein the image generating device (1) and the measurement module (10, 11) are designed such that, when sharply imaging the object onto the sensor (11) by adjustment of the refractive index of the lens (4), the image plane (B) coincides with the object plane (O).



Carl Zeiss
Attorney's File: Pat 3423/27

February 17, 2003
L/23/kt

Abstract

- 5 A display device is provided for generating an image which is perceivable, by a viewer (M) of an object located in an object plane (O), as being superimposed on the object, said device comprising an image generating device (1) for generating the image in an image plane (B) and a superimposing unit (7), wherein the image generating device (1) and the superimposing unit (7) are mounted on a support device (12), which is placeable on the head of the viewer (M), and
- 10 the image generating device (1) comprises a focussing unit (3) by which the distance from the image plane (B) to the support device (12) is changeable and which includes a lens (4) having a variable refractive index as well as a control unit (6) for adjusting the refractive index of the lens (4), wherein, when the support device (12) is placed on the head of the viewer (M), the superimposing unit (7) effects superposition of the generated image on the object for the viewer
- 15 (M) and the control unit (6) adjusts the refractive index of the lens (4) such that the object plane (O) coincides with the image plane (B).

(Fig.1)



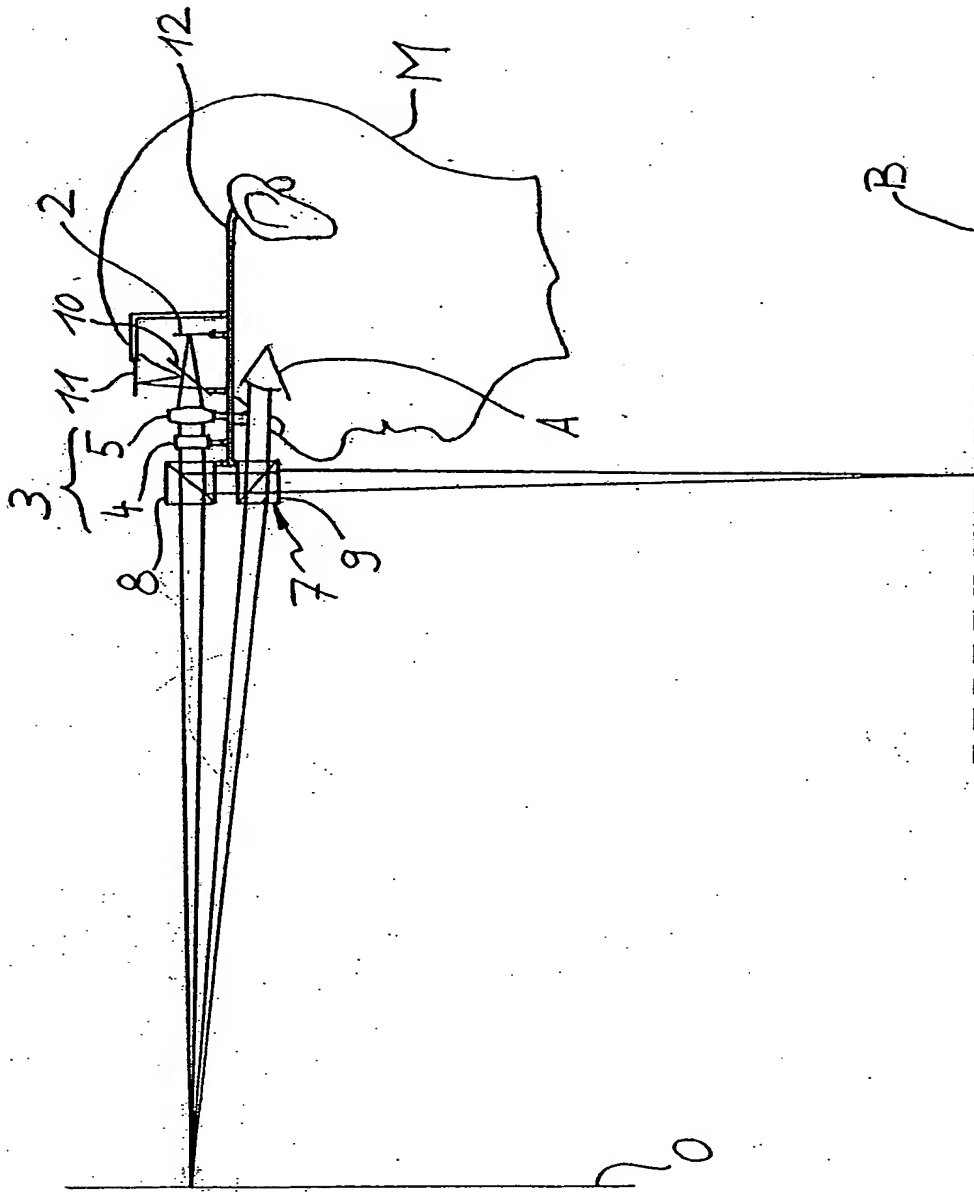


Fig. 1

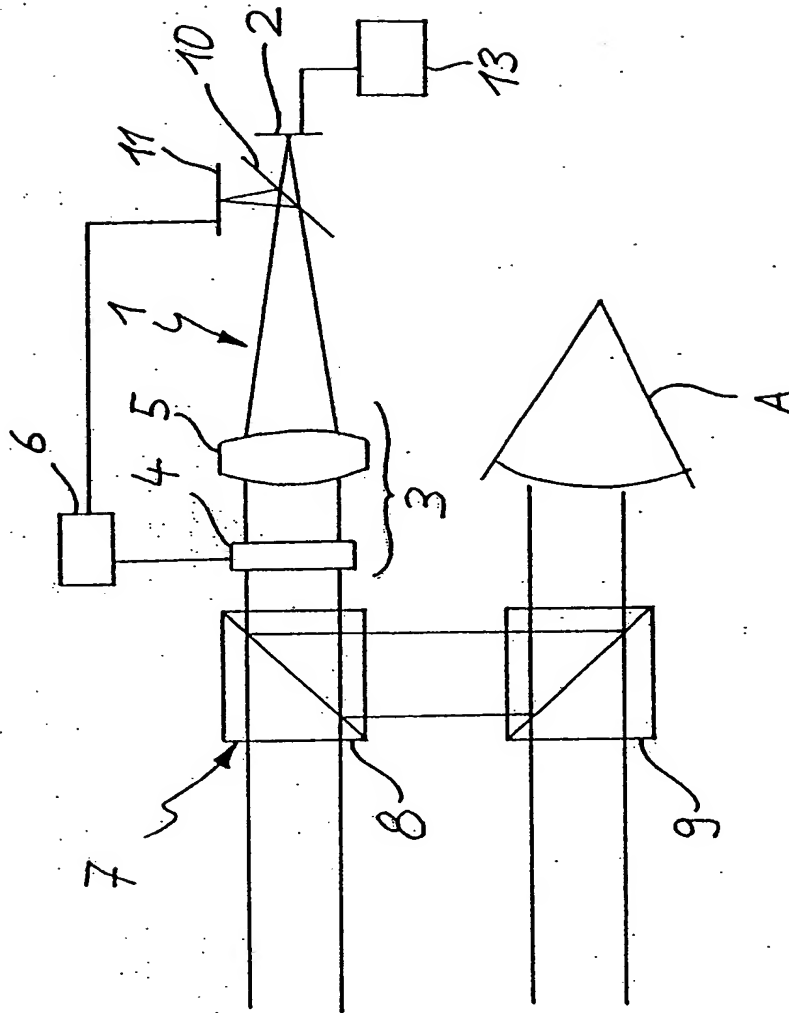


Fig. 2